

I-15

上白石橋歩道添架橋の現場振動実験

㈱アリヤス設計コンサルタント 正員 田所 洋一
北海道大学 工学部 正員 林川 俊郎

1. まえがき

上白石橋歩道添架橋は、昭和63年12月に竣工し、歩行者の通行に供せられることになった。本橋は図-1に示すように、支間 43.40 m + 56.048 m、有効幅員 2.0 m の2径間連続曲線鋼床版箱桁橋である。従来から、支間 40 m を越えた歩道橋の場合、歩行者荷重のたわみ振動による、歩行者に与える不快感が問題となっており、設計時に種々の検討がなされ、架橋後振動実験によって使用性の照査が行なわれている。

本橋においても、固有振動解析の結果、1次の固有振動数が 2.135Hz となり、歩行者の共振歩調の範囲 1.5Hz ~ 2.3Hz に含まれてしまった。そのため対策として、TMDの設置について概略検討を行い架設後でも設置できるよう、長支間中央に架台、マンホールを取り付けた。このような経過から、使用性について問題がないか(TMD設置の必要性)を判定するためのデータ、つまり固有振動数と減衰定数を得る目的で振動実験を行なったものである。

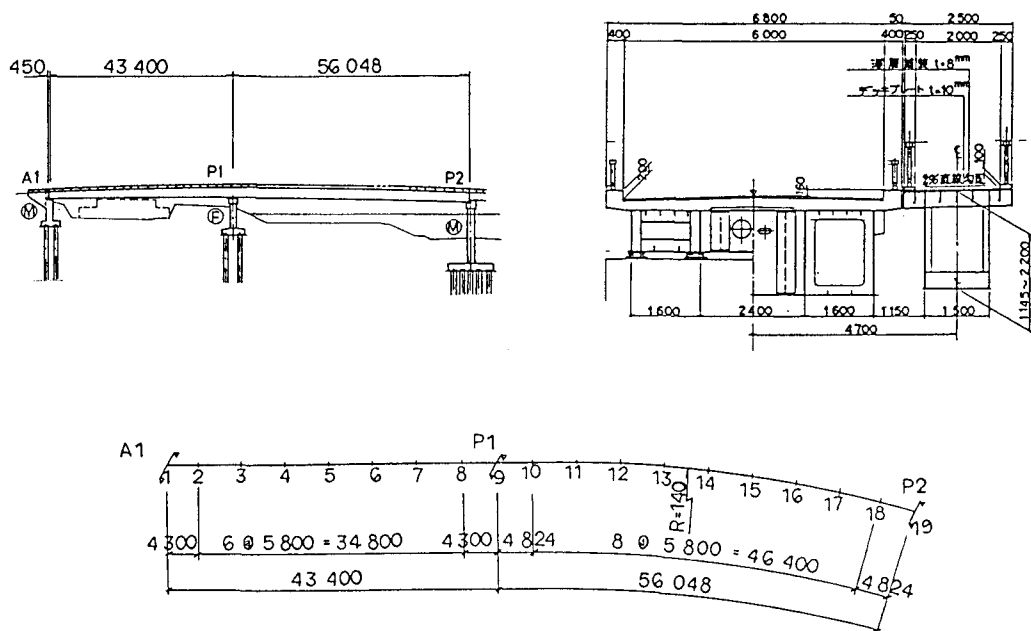


図-1

Ambient Vibration Measurements of Kamishiroishi Footbridge
by Youichi TADOKORO and Toshiro HAYASHIKAWA

2. 実験の方法

構造的には、既設道路橋と添架橋とは分離しているが、下部構造を介して振動が伝わるため、交通量の少ない早朝 5:00 から実験を開始した。計器を積載した測定車を長支間の下（高水敷上）に配置し、長支間中央にピックアップを設置した。図-2に測定ブロックダイヤグラムを、加振位置とピックアップの設置位置を図-3に示す。加振方法は人力加振とし、短支間中央において一人が瞬間的に膝を屈伸することにより、加振力を与え、自由振動波形を測定した。また使用性の照査をより精度の高いものにするために、歩行者の人数を変えて、歩行状態、走行状態の2ケースについて、振動刺激に関するアンケート調査を行った（表-1）。アンケート調査は、長支間中央における停留者が、それぞれの載荷ケースに対してどの程度感じたか、表-2に示す6つのカテゴリーから選択する方法をとった。歩行走行のピッチについては、2Hz、2.135Hz(2.5Hz)、3Hzとし、ピッピッというデジタル音をカセットデッキに録音しておき、各ケース毎再生することにより確保した。写真-1に実験状況をしめす。

表-1

ケース	載荷形態	ピッチ(Hz)	人数
①	歩 行	2.0	1
②	歩 行	2.0	5
③	歩 行	2.0	10
④	歩 行	2.5	1
⑤	歩 行	2.5	5
⑥	歩 行	ランダム	9
⑦	走 行	3.0	1
⑧	走 行	3.0	5
⑨	走 行	3.0	9
⑩	走 行	ランダム	9

表-2

ランク	振動刺激のカテゴリー
①	振動を感じない
②	振動をようやく感じる
③	振動をはっきり感じる
④	振動を強く感じる
⑤	少し不快感を覚える
⑥	大いに不快感を覚える

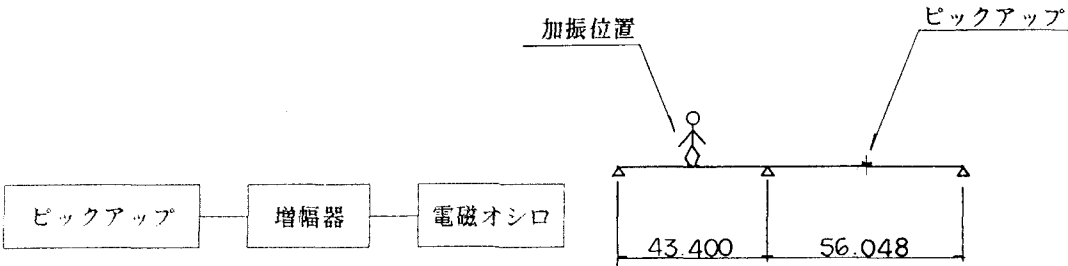


図-2 ブロックダイヤグラム

図-3 加振位置

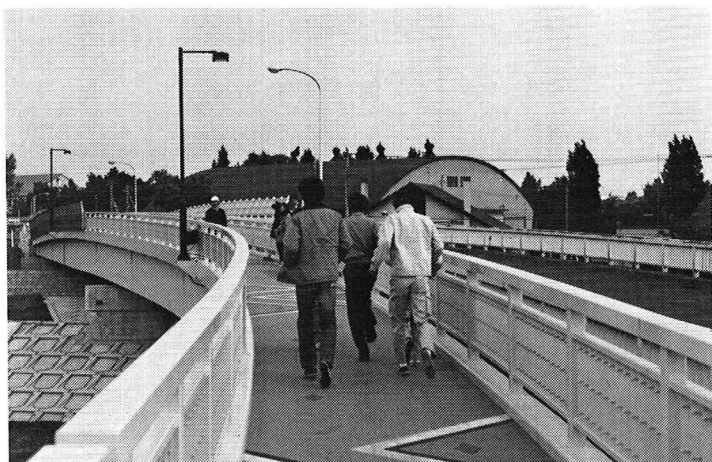


写真-1

表-3

3. 実験結果

実験によって得られた自由振動波形（図-4）より、固有振動数と対数減衰率を求めた。表-3に設計値と実測値の比較を示す。この結果から実橋の固有振動数は歩行者の共振歩調 1.5Hz～2.3 Hz から外れていることが分かる。対数減衰率はやや高めの値を示しており、短支間部の既設橋との境界に設置された縦目地の減衰効果によるものと推定される。

次に振動刺激に関するアンケート調査結果を表-4に示す。この表からケース⑤共振歩調 2.5Hz で歩行者5人、ケース⑧⑨⑩の走行状態においてランク4 振動を強く感じる、ランク5 少し不快感をおぼえる、というカテゴリーになっている。

	固有振動数 f (Hz)	固有周期 T (sec)	対数減衰率 δ
設計値	2.135	0.470	--
実測値	2.5	0.400	0.13

表-4

ケース	A(男)	B(女)	C(女)	D(男)
①	1	1	2	1
②	1	2	3	1
③	2	3	4	3
④	3	3	4	3
⑤	4	4	5	4
⑥	1	1	2	4
⑦	3	2	3	3
⑧	4	4	4	4
⑨	5	5	5	4
⑩	4	5	4	4

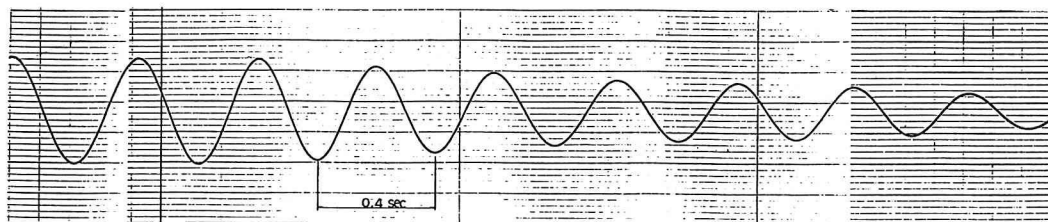


図-4

表 - 5

ケース	固有振動数 (Hz)	比率
① 実測値	2.500	1.000
② 主桁の剛性のみ	2.135	0.850
③ ② + 高欄の剛性	2.35	0.940
④ ③ + 縦目地	2.37	0.948

4. 考察

以上の結果をまとめると次のようになる。

- (1) 実橋の固有振動数は 2.5Hz で、共振歩調の範囲 $1.5\text{Hz} \sim 2.3\text{Hz}$ を外れている。
 - (2) 対数減衰率は、いままでの実績値に比べ大きめの値である。(縦目地の減衰効果が考えられる)
 - (3) 各歩行、走行ケースでの停留者のアンケート調査結果から、i) 5人が共振歩調で歩行した場合、ii) 9人で 3.0Hz のピッチで走行した場合と、iii) ランダムで走行した場合のケースについてのみ1人～3人が少し不快感を覚えるという程度で、現実的にはそのような歩行・走行状態が発生する確率は小さい。
- これらの実験結果を総合的に判断すると、現状での使用性に付いては問題がなくTMDの設置は必要がないと考えられる。

又固有振動数が設計値と実測値で異なった原因に付いて検討するために、高欄の剛性と、縦目地のバネ効果を考慮し解析を行った。結果は表-5の通りとなり高欄の剛性による影響が意外と大きいことが分かった。(約 10% 固有振動数が増加する)

一般に歩道橋は道路橋に比べ幅員が狭いため、主桁の剛性に比べ、高欄の剛性が大きいため、歩道橋の振動問題を検討する場合は、高欄の剛性を考慮する必要があると思われる。また側道橋で縦目地が設置されている場合は、縦目地のバネ効果を考慮し解析を行う方が望ましいと考える。

5. あとがき

支間長の大きい歩道橋(側道橋)の設計において、振動に関する検討課題としては、高欄の剛性の評価、縦目地の減衰効果の評価、支点の境界条件の設定などの項目が考えられ、今後も研究を続けて行きたい。

最後に実験に当たりご協力頂いた札幌市建設局土木部道路建設課 藤平蔵工事3係長、区画整理部 佐々木利幸氏、北海道大学工学部橋梁学講座の小幡助手、及川技官にお礼を申し上げます。また貴重な資料を提供して頂いた、(株)川崎重工業橋梁設計部の皆様にも誌上を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田所・佐々木： 振動感覚を考慮した歩道橋の設計 土木学会北海道支部論文報告集第44集
- 2) 田所・林川・佐々木： 側道橋の振動照査に関する一考察 土木学会第43回年次学術講演会論文集
- 3) 日本道路協会： 立体横断施設技術基準・同解説 1979年